

CITED BY APPLICANT

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
5. Juni 2003 (05.06.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/047134 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H04J 3/00**

[CH/CH]; Kalkbreitestrasse 83, CH-8003 Zürich (CH).
DICKMANN, Georg [DE/CH]; Wallisellenstrasse 25,
CH-8600 Dübendorf (CH).

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/CH02/00580**

(22) Internationales Anmeldedatum:
25. Oktober 2002 (25.10.2002)

(74) Anwalt: **A. BRAUN BRAUN HERITIER ESCHMANN AG**; Holbeinstrasse 36-38, CH-4051 Basel (CH).

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:
2188/01 28. November 2001 (28.11.2001) **CH**

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT (Gebrauchsmuster), AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ (Gebrauchsmuster), CZ, DE (Gebrauchsmuster), DE, DK (Gebrauchsmuster), DK, DM, DZ, EC, EE (Gebrauchsmuster), EE, ES, FI (Gebrauchsmuster), FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK (Gebrauchsmuster), SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **BRIDGECO AG** [CH/CH]; Ringstrasse 14, CH-8600 Dübendorf (CH).

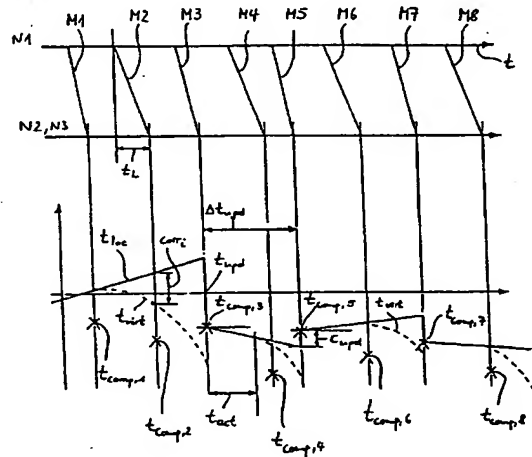
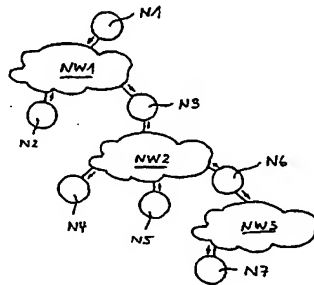
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BLUM, Philipp**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **METHOD FOR SYNCHRONIZATION IN NETWORKS**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUR SYNCHRONISATION IN NETZWERKEN**



(57) Abstract: The invention relates to a method for synchronization in networks, whereby the local time (t_{loc}), which is valid at the particular node, is updated at different nodes. For that purpose, timing messages are regularly transmitted by a freely selectable superior node (N1; N3; N6) and only by a superior node to an inferior node (N2, N3; N4-N6; N7), which receives the timing messages (M1-M8) and analyses said messages for updating the local time (t_{loc}) thereof. A minimum propagation time (d_{min}) is determined for a timing message (M1-M8) between an inferior node (N1; N3; N6) and a superior node (N2, N3; N4-N6; N7). When the inferior node (N2, N3; N4-N6; N7) receives a timing message (M1-M8), said inferior node extracts the local time of the superior node (N1; N3), which is contained in said timing message (M1-M8) and adds the minimum propagation time (d_{min}) thereto, in order to generate a reference time ($t_{comp,1}-t_{comp,8}$). Said reference time ($t_{comp,1}-t_{comp,8}$) is then compared with the proper local time (t_{loc}). If the reference time is retarded in relation to the proper local time (t_{loc}), said proper local time (t_{loc}) is not updated. If said reference time is advanced in relation to the proper local time (t_{loc}), said proper local time (t_{loc}) is updated (C_{upd}).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/047134 A2



(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

-- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zur Synchronisation in Netzwerken wird an verschiedenen Knoten im Netzwerk die an dem jeweiligen Knoten gültige lokale Zeit (t_{loc}) aktualisiert. Dazu werden von einem - frei wählbaren - übergeordneten Knoten ($N1;N3;N6$) - und nur von einem übergeordneten Knoten - regelmässig Zeitnachrichten an einem untergeordneten Knoten ($N2;N3;N4;N6;N7$) gesendet, der die Zeitnachrichten (M1-M8) empfängt und für die Aktualisierung seiner lokalen Zeit (t_{loc}) auswertet. Eine Mindestlaufzeit (d_{min}) wird für eine Zeitnachricht (M1-M8) zwischen einem übergeordneten Knoten ($N1;N3;N6$) und einem untergeordneten Knoten ($N2;N3;N4;N6;N7$) festgelegt. Der untergeordnete Knoten ($N2;N3;N4;N6;N7$) liest beim Empfang einer Zeitnachricht (M1-M8) die in der Zeitnachricht (M1-M8) enthaltene lokale Zeit des übergeordneten Knotens ($N1;N3$) aus und addiert die Mindestlaufzeit (d_{min}) hinzu und generiert somit eine Vergleichszeit ($t_{comp,1}-t_{comp,8}$). Die Vergleichszeit ($t_{comp,1}-t_{comp,8}$) wird dann mit der eigenen lokalen Zeit (t_{loc}) verglichen. In demjenigen Falle, in welchem die Vergleichszeit älter ist als die eigene lokale Zeit (t_{loc}) erfolgt keine Aktualisierung der eigenen lokalen Zeit (t_{loc}). In demjenigen Falle, in welchem die Vergleichszeit jünger ist als die eigene lokale Zeit (t_{loc}), erfolgt eine Aktualisierung (C_{upd}) der eigenen lokalen Zeit (t_{loc}).

Verfahren zur Synchronisation in Netzwerken

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Synchronisation in Netzwerken gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs.

5

Zahlreiche Anwendungen machen Gebrauch von in Netzwerken verteilten Rechnerressourcen (Knoten), z.B. um die Leistungsfähigkeit und/oder die Fehlertoleranz zu verbessern. In einigen dieser Anwendungen ist es
10 erforderlich, eine gemeinsame zeitliche Basis für alle angeschlossenen Rechnerressourcen zu haben, beispielsweise um verschiedene Ereignisse (z.B. das Aussenden von Schall an verschiedenen Orten zur Erzielung des Stereoeffekts) zu koordinieren. Zu diesem Zweck muss eine (mehr oder weniger
15 genaue) Synchronisation der lokalen Zeit an den verschiedenen Knoten erfolgen.

Die Knoten kommunizieren dabei über Zeitnachrichten, die über ein Kommunikationsnetzwerk transportiert werden. Dabei
20 kann das zwischen zwei bestimmten Knoten liegende Kommunikationsnetzwerk durchaus mehrere Arten von Netzen umfassen, die miteinander verbunden sind.

In einem Kommunikationsnetzwerk erfolgt die
25 Nachrichtenübertragung typischerweise mit Hilfe von Nachrichten, die über das Netzwerk transportiert werden. Dabei können - je nach Art des Netzwerks und je nach Verkehr auf dem Netzwerk - unterschiedliche Zeitverzögerungen beim Transport solcher Nachrichten auftreten. Diese Variabilität
30 der Zeitverzögerungen beim Transport von Nachrichten begrenzt aber die mögliche Synchronisation der lokalen Zeit an den verschiedenen Knoten.

- 2 -

Zur Synchronisation der lokalen Zeit an den verschiedenen Knoten sind bereits verschiedene Verfahren vorgeschlagen worden. Quasi als Standardverfahren in Nachrichtennetzen hat sich das "Network Time Protocol" NTP (RFC 1305, RFC 2030) durchgesezt. Dieses Verfahren erlaubt es, mittels umlaufender Nachrichten von einem Knoten zu verschiedenen Referenzknoten und wieder zurück denjenigen Referenzknoten, mit dem die beste Verbindung besteht (kürzeste Laufzeiten), für eine Aktualisierung der eigenen lokalen Uhr auszuwählen. Allerdings werden für dieses Verfahren in der Regel mehrere Referenzknoten benötigt, und mit einer geringeren Anzahl von Zeitnachrichten wird auch eine weniger genaue Synchronisation erreicht.

Weiterhin sind z.B. in "Probabilistic Clock Synchronization", Distributed Computing, vol. 4, No. 3, pp. 146-158, 1989 (Cristian, F.) sowie in "A Decentralized High Performance Time Service Architecture", (Dolev, D; Reischuk, R.; Strong, R.; Wimmers, E.), 1995, bereits sogenannte probabilistische Synchronisationsverfahren vorgeschlagen worden. Von einer Anzahl von Zeitnachrichten von einer Referenzuhr wählen die Knoten die beste aus, um ihre lokale Zeit jeweils einzustellen bzw. anzupassen. Diese Auswahl der jeweils besten Zeitnachrichten von der Referenzuhr ist deshalb möglich, weil die einzelnen Knoten wiederholt umlaufende Nachrichten aussenden und wieder empfangen, und dadurch die Referenzuhr abfragen. Aufgrund der Laufzeit dieser umlaufenden Nachrichten wissen dann die verschiedenen Knoten, welche der Zeitnachrichten von der Referenzuhr die besten sind (z.B. solche Zeitnachrichten von der Referenzuhr, die kurze Zeit später eintreffen als eine umlaufende Nachricht mit sehr kurzer Umlaufzeit).

Nachteilig an diesen Verfahren ist, dass die verschiedenen

Knoten immer wieder umlaufende Nachrichten senden, empfangen und auswerten müssen, um beurteilen zu können, welche der Zeitnachrichten von der Referenzuhr die besten sind. Diese umlaufenden Nachrichten belasten zum einen den Verkehr auf dem Netz, da jeder zu synchronisierende Knoten eigene umlaufende Nachrichten generiert. Ausserdem kennt der jeweilige Knoten immer nur die Gesamtlaufzeit einer umlaufenden - also von ihm ausgesandten und wieder empfangenen - Nachricht, er kann also nicht sagen, ob die Nachricht z.B. besonders lange auf dem Hinweg zu einem bestimmten Knoten oder auf dem Rückweg von diesem Knoten durch das Netzwerk unterwegs war. Insofern kann auch die Genauigkeit der Synchronisation nicht beliebig hoch sein, weil immer nur die Gesamtlaufzeit einer umlaufenden Nachricht als Auswahl-Kriterium für die Synchronisation der lokalen Zeit an den Knoten zur Verfügung steht. Schliesslich kann es - speziell bei viel Verkehr auf dem Netz - sein, dass die Gesamtlaufzeit einer umlaufenden Nachricht über einen längeren Zeitraum hinweg nicht ausreichend klein ist und in der Folge über diesen Zeitraum hinweg an den verschiedenen Knoten keine oder keine besonders genaue Synchronisation der lokalen Zeit mit der Referenzzeit erfolgen kann.

Bei einem anderen probabilistischen Verfahren, das z.B. in "Probabilistic Clock Synchronization in Distributed Systems" (Arvind, K.), IEEE Trans. Parallel and Distributed Systems, vol. 5, No. 5, pp. 474-487, May 1994, beschrieben ist, werden nur Zeitnachrichten verwendet, die in einer Richtung durch das Netzwerk transportiert werden, es werden nämlich nur Zeitnachrichten zu den verschiedenen Knoten transportiert, die die verschiedenen Knoten über die Referenzzeit unterrichten. Umlaufende Nachrichten von den Knoten werden hier nicht generiert. Nachteilig an diesem

Verfahren ist, dass sämtliche Zeitnachrichten, die die verschiedenen Knoten über die Referenzzeit unterrichten, von den Knoten zur Synchronisation der lokalen Zeit verwendet werden, egal ob sie nun vergleichsweise lange oder kurz im
5 Netz unterwegs waren, und nicht nur die besten Zeitnachrichten wie bei dem weiter oben beschriebenen Verfahren. Es erfolgt also keine Selektion der Zeitnachrichten, die für die Synchronisation der lokalen Zeit genutzt werden. Andererseits wird der Verkehr auf dem
10 Netz durch dieses Verfahren weniger belastet. Ein Vorteil der unidirektionalen Versendung von Zeitnachrichten liegt auch darin, dass sie als "broadcast" verschickt werden können, d.h. dass lediglich eine einzige Nachricht verschickt werden muss, welche von allen empfangenden Knoten
15 empfangen wird.

Eine sehr genaue Synchronisation der lokalen Zeit an den verschiedenen Knoten kann über "GPS (Global Positioning System) / Time Service" erfolgen. Die Synchronisation
20 mittels GPS ist sehr genau, jedoch wird eine separate Infrastruktur für die Synchronisation an jedem Knoten benötigt, was sowohl von der technischen Seite (zusätzliche Ausrüstung an jedem Knoten) als auch von der Kostenseite her aufwändig ist. Ausserdem ist die Nutzung von GPS innerhalb
25 von grossen Gebäuden auch nur sehr beschränkt möglich, weil die zusätzliche technische Ausrüstung häufig jeweils nur auf dem Dach angebracht werden kann und von dort die Signale dann weiter im Gebäude verteilt werden müssen.

30 Im Lichte dieses Standes der Technik ist es eine Aufgabe der Erfindung, ein einfaches und gleichzeitig zuverlässiges und qualitativ hochstehendes Verfahren zur Synchronisation vorzuschlagen.

Diese Aufgabe wird durch das erfindungsgemässe Verfahren, wie es durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs charakterisiert ist, gelöst. Besonders vorteilhafte Verfahrensvarianten ergeben sich aus den Merkmalen der
5 abhängigen Patentansprüche.

Insbesondere wird bei dem erfindungsgemässen Verfahren an verschiedenen Knoten im Netzwerk die an dem jeweiligen Knoten gültige lokale Zeit aktualisiert, wobei von einem als
10 übergeordneter Knoten ("master") fungierenden Knoten regelmässig Zeitnachrichten an einen als untergeordneter Knoten ("slave") fungierenden Knoten gesendet werden. Der untergeordnete Knoten ("slave") empfängt die von dem übergeordneten Knoten ("master") ausgesandten
15 Zeitnachrichten und wertet diese Zeitnachrichten für die Aktualisierung seiner lokalen Zeit aus. Zu diesem Zweck wird eine Mindestlaufzeit für eine Zeitnachricht zwischen einem übergeordneten Knoten ("master") und einem untergeordneten Knoten ("slave") festgelegt. Der untergeordnete Knoten
20 ("slave") liest beim Empfang einer Zeitnachricht die in der vom übergeordneten Knoten ("master") gesendeten Zeitnachricht enthaltene lokale Zeit des übergeordneten Knotens ("master") aus und addiert zu dieser lokalen Zeit des übergeordneten Knotens ("master") die festgelegte
25 Mindestlaufzeit hinzu. Somit wird von dem untergeordneten Knoten ("slave") eine Vergleichszeit (ein "Abbild" der Referenz) generiert, und die auf diese Weise generierte Vergleichszeit wird dann mit der eigenen lokalen Zeit verglichen. In demjenigen Falle, in welchem die
30 Vergleichszeit älter ist als die eigene lokale Zeit erfolgt keine Aktualisierung der eigenen lokalen Zeit, hingegen in demjenigen Falle, in welchem die Vergleichszeit jünger ist als die eigene lokale Zeit, erfolgt eine Aktualisierung der eigenen lokalen Zeit. Dabei ist im Netzwerk grundsätzlich

frei wählbar, welcher Knoten als übergeordneter Knoten fungieren soll und welcher Knoten als untergeordneter Knoten. Dies kann z.B. bei jeder beliebigen Anwendung neu festgelegt werden. Zeitnachrichten werden jedoch immer nur
5 von einem als übergeordneter Knoten fungierenden Knoten verschickt.

Somit wird einerseits der Vorteil genutzt, dass Zeitnachrichten nur in einer Richtung durch das Netzwerk
10 übertragen werden müssen, andererseits erfolgt dennoch eine Selektion derjenigen Nachrichten, die für die Synchronisation verwendet werden. Vorausgesetzt, dass die Stabilität der lokalen Uhr am untergeordneten Knoten grösser ist als die Variation der Laufzeiten von Zeitnachrichten,
15 können aufgrund des Vergleichs der Vergleichszeit mit der Momentanzeit der lokalen Uhr am untergeordneten Knoten solche Zeitnachrichten für die Aktualisierung der lokalen Zeit ausgewählt werden, die besonders kurz unterwegs waren, bevor sie am untergeordneten Knoten angekommen und dort
20 ausgelesen worden sind.

Bei einer Variante des erfindungsgemässen Verfahrens erfolgt die Aktualisierung der eigenen lokalen Zeit am untergeordneten Knoten derart, dass die eigene lokale Zeit
25 am untergeordneten Knoten auf die Vergleichszeit eingestellt wird. Das heisst, dass bei solchen Zeitnachrichten, die nur eine kurze Zeit im Netzwerk unterwegs waren, die lokale Zeit am untergeordneten Knoten aktualisiert wird, und zwar wird dabei die Zeit am untergeordneten Knoten auf die Zeit des
30 übergeordneten Knotens zuzüglich der Mindestlaufzeit (also auf das "Abbild" der Referenz) eingestellt.

Die Mindestlaufzeit einer Zeitnachricht zwischen dem übergeordneten Knoten und dem untergeordneten Knoten kann

- 7 -

entweder vorgegeben werden, oder durch eine Laufzeitmessung am Beginn des Verfahrens ermittelt werden oder sie kann durch eine Laufzeitmessung während des Verfahrens ermittelt werden. Dennoch müssen für die gute Selektivität des
5 Verfahrens nicht ständig die Laufzeiten im Netzwerk gemessen werden (im Falle, dass die Mindestlaufzeit vorgegeben wird, muss sie z.B. gar nicht gemessen werden), weshalb das Netzwerk auch nicht ständig durch solche Nachrichten belastet wird.

10

Bei einer weiteren Variante des Verfahrens ist an jedem Knoten eine eigene lokale Uhr vorgesehen, wobei die Geschwindigkeit der Uhr am untergeordneten Knoten langsamer ist als die Geschwindigkeit der lokalen Uhr am
15 übergeordneten Knoten. Wenn nämlich die Geschwindigkeit der lokalen Uhr am untergeordneten Knoten langsamer ist als die Geschwindigkeit der Uhr am übergeordneten Knoten, dann wird bei normaler Laufzeit durch das Netzwerk immer wieder das Ereignis eintreten, dass die Vergleichszeit jünger ist als
20 die lokale Zeit am untergeordneten Knoten. Tritt aber dieses Ereignis ein, erfolgt eine Aktualisierung der lokalen Zeit am untergeordneten Knoten.

Ist eine Aktualisierung der lokalen Zeit an einem
25 untergeordneten Knoten erfolgt, so wird bei einer weiteren Verfahrensvariante, bei welcher die Geschwindigkeit der lokalen Uhr am untergeordneten Knoten einstellbar ist, die Geschwindigkeit der lokalen Uhr an diesem untergeordneten Knoten in Abhängigkeit von mehreren Dingen eingestellt,
30 nämlich in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der lokalen Uhr vor dem Zeitpunkt der Aktualisierung der lokalen Zeit, in Abhängigkeit von dem Ausmass der Aktualisierung der lokalen Zeit, und schliesslich optional in Abhängigkeit von dem Zeitintervall, welches zwischen zwei Aktualisierungen

der lokalen Zeit verstrichen ist. Auf diese Weise kann die "Historie" bei der Einstellung der Geschwindigkeit der lokalen Uhr angemessen berücksichtigt werden (wie waren die verschiedenen Geschwindigkeiten der lokalen Uhr vor einer Aktualisierung, wie stark wurde die lokale Zeit bei einer Aktualisierung verändert, in welchen Zeitabständen ist eine Aktualisierung erfolgt). Die Berücksichtigung der "Historie" ist insofern hilfreich, als sie Informationen liefert, wie man die Geschwindigkeit der lokalen Uhr am untergeordneten Knoten gut einstellt.

Bei einer weiteren Variante des erfindungsgemässen Verfahrens wird am untergeordneten Knoten ein vorgebbares Zeitintervall überwacht, welches von dem Zeitpunkt an beginnt, zu welchem die letzte Aktualisierung der lokalen Zeit des untergeordneten Knotens erfolgt ist. Für den Fall, dass dieses Zeitintervall überschritten wird, ohne dass eine Aktualisierung der lokalen Zeit am untergeordneten Knoten erfolgt, wird eine virtuelle lokale Zeit am untergeordneten Knoten erzeugt, welche der tatsächlichen lokalen Zeit am untergeordneten Knoten hinterher eilt (mit anderen Worten gesagt ist die virtuelle lokale Zeit im Prinzip repräsentativ für eine virtuelle Uhr, die langsamer voranschreitet als die tatsächliche lokale Zeit am untergeordneten Knoten). Wenn nun die Vergleichszeit jünger ist als die erzeugte virtuelle lokale Zeit am untergeordneten Knoten, erfolgt eine Aktualisierung der lokalen Zeit. Das Zeitintervall kann dabei auch null sein, mit anderen Worten gesagt, kann die virtuelle lokale Zeit am untergeordneten Knoten auch sofort erzeugt werden.

Diese Variante ist vor allen Dingen dann vorteilhaft, wenn über eine längere (vorgebbare) Zeitdauer keine Aktualisierung der lokalen Zeit am untergeordneten Knoten

- 9 -

mehr erfolgt ist und es - aufgrund der über eine längere Zeitdauer nicht mehr erfolgten Aktualisierung - eben fraglich ist, wie gut die lokale Zeit am untergeordneten Knoten in Bezug auf die lokale Zeit am übergeordneten Knoten ist (Synchronizität). Durch die dann langsamer voranschreitende virtuelle Zeit wird nämlich provoziert, dass bald wieder eine Zeitnachricht vom übergeordneten Knoten eintrifft, aus der dann eine Vergleichszeit generiert wird, die wieder jünger ist als die virtuelle Zeit am untergeordneten Knoten. Tritt dieses Ereignis ein, so erfolgt eine Aktualisierung der lokalen Zeit am untergeordneten Knoten, wobei vorzugsweise die lokale Zeit am untergeordneten Knoten dann aktualisiert wird, indem die lokale Zeit am untergeordneten Knoten auf die Vergleichszeit eingestellt wird. Ausserdem kann man so eine sehr starke Annäherung der Geschwindigkeit der lokalen Uhr am untergeordneten Knoten an die Geschwindigkeit der lokalen Uhr am übergeordneten Knoten erreichen. Bei dieser Annäherung kann die lokale Uhr am untergeordneten Knoten zeitweise langsamer oder schneller laufen als diejenige am übergeordneten Knoten. Durch die "verlangsamte" virtuelle Zeit wird sichergestellt, dass in jedem Falle wieder ein Aktualisierungsereignis auftritt.

Bei einer weiteren Verfahrensvariante, bei der das Netzwerk mehrstufig ausgebildet ist, also mehrere Teil-Netzwerke umfasst, über die die einzelnen Knoten miteinander verbunden sind, können einzelne Knoten nur als übergeordnete Knoten fungieren, andere Knoten können nur als untergeordnete Knoten fungieren, und wieder andere Knoten können sowohl als übergeordnete Knoten als auch als untergeordnete Knoten fungieren. Die Synchronisation eines als untergeordneter Knoten fungierenden Knotens erfolgt jeweils in Bezug auf seinen übergeordneten Knoten über das dazwischen liegende

- 10 -

Teil-Netzwerk, sie ist jedoch von einer allfälligen Synchronisation des übergeordneten Knotens in Bezug auf dessen übergeordneten Knoten "entkoppelt". Zwei vorteilhafte Varianten, wie diese Entkoppelung beispielsweise erfolgen
5 kann, werden nachstehend ausgeführt.

Bei einer ersten Variante ist an einem Knoten, der sowohl als übergeordneter Knoten wie auch als untergeordneter
10 Knoten fungiert, eine unabhängige lokale Uhr vorgesehen. Beim Verschicken einer Zeitnachricht dieses Knotens an einen untergeordneten Knoten wird sowohl der Momentanwert dieser unabhängigen lokalen Uhr als auch die Differenz zwischen dem Momentanwert dieser unabhängigen lokalen Uhr und der von
15 seinem übergeordneten Knoten abgeleiteten lokalen Zeit verschickt. Am untergeordneten Knoten wird beim Empfang einer solchen Zeitnachricht einerseits aus dem in der Zeitnachricht enthaltenen Momentanwert der unabhängigen lokalen Uhr die Vergleichszeit generiert. Andererseits wird
20 aus der Differenz zwischen dem Momentanwert dieser unabhängigen lokalen Uhr und der von seinem übergeordneten Knoten abgeleiteten lokalen Zeit ein Abbild der Referenzzeit des übergeordneten Knotens generiert.

25 Bei einer zweiten Variante wird beim Verschicken einer Zeitnachricht von einem übergeordneten Knoten an einen untergeordneten Knoten sowohl die Summe aller Ausmasse an Aktualisierungen seit dem Verschicken der letzten Zeitnachricht verschickt als auch die Summe aller seit dem
30 Verschicken der letzten Zeitnachricht erfolgten Korrekturen der Geschwindigkeit, mit der die Zeit voranschreitet. Beim Empfang einer Zeitnachricht von einem übergeordneten Knoten wird am untergeordneten Knoten zunächst die lokale Zeit des untergeordneten Knotens um die in der Zeitnachricht

enthaltene Summe aller Ausmasse an Aktualisierungen geändert. Ausserdem wird die Geschwindigkeit, mit der die Zeit des untergeordneten Knotens voranschreitet, um die in der Zeitnachricht enthaltene Summe aller

5 Geschwindigkeitskorrekturen geändert, bevor am untergeordneten Knoten die Vergleichszeit generiert wird.

Weitere vorteilhafte Varianten und Aspekte ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung des Verfahrens anhand der
10 Zeichnung. In der Zeichnung zeigen in schematischer Darstellung:

Fig. 1. verschiedene Knoten, die über dazwischen liegende Netzwerke miteinander verbunden sind,

15

Fig. 2 eine Übersicht des Ablaufs einer Variante des erfindungsgemässen Verfahrens, stark vereinfacht und

20 Fig. 3 eine Darstellung des Versands mehrerer Zeitnachrichten über der Zeit an einem übergeordneten Knoten und des zugehörigen Empfangs dieser Zeitnachrichten an einem untergeordneten Knoten, sowie des zugehörigen Verlaufs der Abweichung der lokalen Zeit
25 an dem untergeordneten Knoten gegenüber der Referenzzeit, gemäss der Verfahrensvariante aus Fig.2.

30 In Fig. 1 erkennt man mehrere Knoten N1,N2,N3,N4,N5,N6,N7, die über dazwischenliegende (Teil-)Netzwerke - hier die Netzwerke NW1,NW2 und NW3 - miteinander verbunden sind. Die Pfeile stellen symbolisch dar, in welcher Richtung Zeitnachrichten von einem Knoten über ein Netzwerk zu einem

anderen Knoten transportiert werden.

- Zunächst sollen in einem ersten Abschnitt nur die Knoten N1-N3 und das dazwischen liegende (Teil-)Netzwerk NW1 betrachtet werden. Der Knoten N1 ist in diesem betrachteten Abschnitt ein übergeordneter Knoten ("master"), der Zeitnachrichten über das Netzwerk NW1 an die untergeordneten Knoten N2 bzw. N3 ("slave") sendet.
- 10 Diese Zeitnachrichten beinhalten jeweils die lokale Zeit am übergeordneten Knoten zu demjenigen Zeitpunkt, zu dem sie abgesandt werden, wie in Fig. 2 im linken Drittel zu erkennen ist (zusätzlich können sie auch noch einen Bezug auf eine globale Referenzzeit, z.B. UTC oder GMT enthalten).
- 15 Beispielhaft ist in Fig. 2 dargestellt, dass zu vier aufeinander folgenden Zeitpunkten jeweils vom übergeordneten Knoten - N1 - eine Zeitnachricht M1-M4 über das Netzwerk NW1 zu den untergeordneten Knoten - N2, N3 - gesendet wird. Dazu greift der übergeordnete Knoten N1 zu diesen Zeitpunkten
- 20 jeweils auf seine lokale Zeit zu und übermittelt diese in der jeweiligen Zeitnachricht an die untergeordneten Knoten N2 bzw. N3.

- Während ihres Transports über das Netzwerk NW1 erfahren die von dem übergeordneten Knoten N1 abgesandten Zeitnachrichten M1-M4 eine zeitliche Verzögerung (der Pfeil t deutet die Zeitachse an), weil der Transport über das Netzwerk NW1 eine bestimmte Zeit in Anspruch nimmt, welche von verschiedenen Faktoren abhängen kann, z.B. von der Dichte des Verkehrs auf dem Netzwerk NW1. Dies ist im mittleren Drittel von Fig. 2
- 25 erkennbar. Für die Zeit, die eine Nachricht benötigt, um vom übergeordneten Knoten N1 über das Netzwerk NW1 zum untergeordneten Knoten zu gelangen, wird eine bestimmte Mindestlaufzeit d_{\min} angenommen. Diese Mindestlaufzeit d_{\min}
- 30

ist vorgebbar und kann entweder geschätzt werden, oder durch Messungen zu Beginn des noch zu erläuternden Verfahrens oder auch während des Verfahrens ermittelt werden.

- 5 Die Zeitnachrichten M1-M4 kommen zu einem Zeitpunkt an den untergeordneten Knoten N2 bzw. N3 an, der mehr oder weniger später als der Zeitpunkt des Versands der jeweiligen Zeitnachricht liegt. Der untergeordnete Knoten N2 bzw. N3 empfängt die Zeitnachrichten M1-M4 und liest die in der
10 jeweiligen Zeitnachricht M1-M4 enthaltene lokale Zeit des übergeordneten Knotens N1 aus. Zu dieser aus der jeweiligen Zeitnachricht M1-M4 ausgelesenen Zeit wird die Mindestlaufzeit d_{\min} hinzu addiert (die Mindestlaufzeit d_{\min} kann zu jedem Knoten N2, N3 einen unterschiedlichen Wert
15 haben), wodurch eine Vergleichszeit generiert wird. Diese Vergleichszeit wird nun am untergeordneten Knoten N2 bzw. N3 mit der eigenen lokalen Zeit verglichen, was man im rechten Drittel von Fig. 2 erkennen kann. Ist die Vergleichszeit älter als die lokale Zeit am untergeordneten Knoten (was
20 z.B. bei längeren Laufzeiten der Zeitnachrichten M1-M4 durch das Netzwerk NW1 der Fall ist), so wird die lokale Zeit am untergeordneten Knoten N2, N3 nicht aktualisiert. Ist die Vergleichszeit hingegen jünger als die lokale Zeit am untergeordneten Knoten N2 bzw. N3 (was z.B. bei kurzen
25 Laufzeiten der Zeitnachrichten M1-M4 durch das Netzwerk NW1 der Fall ist oder dann, wenn die lokale Zeit am untergeordneten Knoten N2 bzw. N3 entsprechend langsamer voranschreitet als die lokale Zeit am übergeordneten Knoten N1), wird die lokale Zeit am untergeordneten Knoten N2 bzw.
30 N3 aktualisiert, und zwar vorzugsweise derart, dass die lokale Zeit am untergeordneten Knoten N2 bzw. N3 auf die Vergleichszeit gesetzt wird.

In Fig. 3 erkennt man eine Darstellung, in welcher in der

oberen Hälfte der Versand mehrerer Zeitnachrichten über der Zeit an einem übergeordneten Knoten, z.B. am Knoten N1, dargestellt ist, sowie der zugehörige Empfang dieser Zeitnachrichten an einem untergeordneten Knoten, z.B. an den Knoten N2 bzw. N3. In der unteren Hälfte von Fig. 3 ist der zugehörige Verlauf der lokalen Zeit am untergeordneten Knoten, z.B. an den Knoten N2 bzw. N3, dargestellt.

In der oberen Hälfte von Fig. 3 erkennt man dabei acht verschiedene Zeitnachrichten M1-M8, die von dem übergeordneten Knoten N1 abgesandt werden und nach einer - durchaus variierenden - Laufzeit t_L durch das Netzwerk am untergeordneten Knoten N2 bzw. N3 empfangen werden.

In der unteren Hälfte erkennt man den Verlauf der lokalen Zeit t_{loc} am untergeordneten Knoten. Beim Empfang der ersten beiden Zeitnachrichten M1 und M2 wird aus diesen Nachrichten zunächst die in den Zeitnachrichten M1 und M2 enthaltene lokale Zeit des übergeordneten Knotens N1 ausgelesen und dazu die Mindestlaufzeit d_{min} hinzu addiert und auf diese Weise die jeweilige Vergleichszeit $t_{comp,1}$ bzw. $t_{comp,2}$ gewonnen, welche durch die entsprechenden Kreuze in der unteren Hälfte von Fig. 3 repräsentiert wird. Beide Vergleichszeiten sind älter als die lokale Zeit t_{loc} am untergeordneten Knoten N2 bzw. N3. Somit erfolgt keine Aktualisierung der lokalen Zeit t_{loc} am untergeordneten Knoten N2 bzw. N3. Würde man nun die Zeit t_{loc} (ansteigende Rampe) am untergeordneten Knoten N2 bzw. N3 mit der gleichen Geschwindigkeit weiter laufen lassen, so würde es zu überhaupt keiner Aktualisierung der lokalen Zeit t_{loc} am untergeordneten Knoten N2 bzw. N3 kommen.

Damit ein solcher Fall nicht eintreten kann, wird das Zeitintervall t_{act} überwacht, welches jeweils vom Zeitpunkt

t_{upd} der letzten Aktualisierung an beginnt. Wenn dieses Zeitintervall t_{act} nun überschritten wird, ohne dass eine Aktualisierung der lokalen Zeit t_{loc} am untergeordneten Knoten N2 bzw. N3 erfolgt ist, dann wird nach dem Ablauf
 5 dieser vorgebbaren Dauer eine virtuelle lokale Zeit t_{virt} (gestrichelte Linie in Fig. 3) am untergeordneten Knoten N2 bzw. N3 erzeugt, die allerdings nicht die lokale Zeit darstellt, welche tatsächlich an eine am Knoten N2 bzw. N3 laufende Applikation weitergegeben wird. Auch wenn eine
 10 solche virtuelle lokale Zeit t_{virt} am Knoten N2 bzw. N3 generiert wird, repräsentiert t_{loc} die tatsächliche lokale Zeit am Knoten N2 bzw. N3. Die virtuelle Zeit t_{virt} ergibt sich, indem man von der tatsächlichen lokalen Zeit t_{loc} einen Korrekturbeitrag corr_i abzieht. Ein solcher Korrekturbeitrag
 15 kann sich beispielsweise errechnen aus:

$$\text{corr}_i = (t_{\text{loc},i} - t_{\text{upd},j} - t_{\text{act}})^{\alpha} \times C_L ,$$

wobei

20

$t_{\text{loc},i}$ die lokale Zeit am untergeordneten Knoten N2 bzw. N3 zu einem beliebigen Zeitpunkt nach Ablauf des Intervalls t_{act} darstellt,

25

$t_{\text{upd},j}$ den Zeitpunkt der letzten erfolgten Aktualisierung der lokalen Zeit t_{loc} darstellt

30

t_{act} das vorgebbare Zeitintervall bezeichnet, welches ab dem Zeitpunkt $t_{\text{upd},j}$ der letzten erfolgten Aktualisierung der lokalen Zeit beginnt und innerhalb dessen die aus empfangenen Zeitnachrichten ermittelte Vergleichszeit mit t_{loc} verglichen wird, wobei nach Ablauf von t_{act} ohne Aktualisierung der lokalen Zeit die virtuelle Zeit t_{virt} zu laufen beginnt, die dann mit der Vergleichszeit verglichen wird

α, C_L Parameter bezeichnen, mit deren Hilfe das Ausmass des Korrekturbeitrags corr_i beeinflusst werden kann.

Zieht man also nach Ablauf des Intervalls t_{act} (das übrigens
5 auch null sein kann) den Korrekturbeitrag corr_i von der
jeweils tatsächlichen aktuellen Zeit t_{loc} ab, gelangt man zu
der virtuellen lokalen Zeit t_{virt} , die durch die jeweilige
gestrichelte Linie in Fig. 3 dargestellt ist. Mit dieser
virtuellen lokalen Zeit t_{virt} werden nun die aus den
10 empfangenen Zeitnachrichten ermittelten Vergleichszeiten
 t_{comp} verglichen.

Sobald nun die Vergleichszeit t_{comp} jünger ist als die
virtuelle lokale Zeit t_{virt} , erfolgt eine Aktualisierung der
15 lokalen Zeit t_{loc} , und zwar vorzugsweise so, dass die lokale
Zeit t_{loc} am untergeordneten Knoten N2 bzw. N3 auf die
Vergleichszeit t_{comp} gesetzt wird, wie dies in Fig. 3 z.B.
bei den Vergleichszeiten $t_{\text{comp},3}$ und $t_{\text{comp},7}$ der Fall ist, wo
ohne den Vergleich mit der virtuellen lokalen Zeit t_{virt}
20 keine Aktualisierung der lokalen Zeit t_{loc} am untergeordneten
Knoten N2 bzw. N3 erfolgen würde. Die Vergleichszeit $t_{\text{comp},5}$
ist sowohl jünger als die lokale Zeit t_{loc} als auch jünger
als die virtuelle lokale Zeit t_{virt} , sodass hier auch
alleine durch den Vergleich mit der lokalen Zeit t_{loc} (also
25 ohne den Vergleich mit der virtuellen Zeit t_{virt}) eine
Aktualisierung der lokalen Zeit t_{loc} erfolgen würde.

Die Länge des Intervalls t_{act} wird vorteilhaft dynamisch
unter Berücksichtigung der bereits erwähnten "Historie"
30 (Ausmass C_{upd} der letzten Aktualisierungen, Zeitintervall
 Δt_{upd} zwischen zwei Aktualisierungen, Geschwindigkeiten nach
den Aktualisierungen) angepasst. Das Intervall t_{act} kann
beispielsweise auch den Wert null annehmen, d.h. die
virtuelle lokale Zeit t_{virt} beginnt dann jeweils sofort zu

laufen.

Wie bereits weiter oben erwähnt, ist es von Vorteil, wenn nach einer Aktualisierung der lokalen Zeit t_{loc} am untergeordneten Knoten N2 bzw. N3 die Geschwindigkeit der lokalen Uhr - also die Geschwindigkeit, mit welcher die lokale Zeit t_{loc} nach der Aktualisierung am untergeordneten Knoten voranschreitet - eingestellt wird, und zwar in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der lokalen Uhr vor dem Zeitpunkt der Aktualisierung der lokalen Zeit (in Fig. 3 entspricht die Geschwindigkeit der lokalen Uhr der Steigung des jeweiligen Abschnitts der lokalen Zeit t_{loc}), ferner in Abhängigkeit von dem Ausmass c_{upd} der Aktualisierung, und schliesslich in Abhängigkeit von dem Zeitintervall Δt_{upd} , welches zwischen zwei Aktualisierungen verstrichen ist. Dabei können bei der Einstellung der Geschwindigkeit der lokalen Uhr durchaus die Werte dieser Grössen über einen bestimmten Zeitraum zurück mit in Betracht gezogen werden, um die Entwicklung angemessen zu berücksichtigen und somit also die "Güte" der Synchronisation zu verbessern.

Eine lokale Uhr kann dabei beispielsweise mit Hilfe eines Quarz-Oszillators realisiert sein, wobei beim Einstellen der Geschwindigkeit entweder der Quarz selbst beeinflusst werden kann oder eine in Software implementierte Uhr mitlaufen kann, in welcher die Geschwindigkeit der Uhr softwaremässig erhöht oder erniedrigt werden kann, ohne den Quarz-Oszillator selbst direkt zu beeinflussen.

Die Aktualisierung der lokalen Zeit am untergeordneten Knoten N2, N3 aufgrund des Vergleichs mit der Vergleichszeit kann - wie zuvor beschrieben - unmittelbar durchgeführt werden, was zu einer sprunghaften Änderung der lokalen Zeit am untergeordneten Knoten N2, N3 führt. Je nach den

- Erfordernissen einer nachgeschalteten Applikation kann es aber auch vorteilhaft sein, die erforderliche Aktualisierung der an die Applikation übergebene "lokale" Zeit auf eine bestimmte Zeitspanne auszudehnen, sodass die an die
- 5 Applikation übergebene "lokale" Zeit einen gewünschten, beispielsweise stetigen, Verlauf erhält. Dies kann beispielsweise durch kurzfristige Änderungen der Lauf-Geschwindigkeit des lokalen Oszillators erreicht werden.
- 10 Das zuvor beschriebene Verfahren ist am Beispiel nur eines übergeordneten Knotens ("master") N1 erläutert. Grundsätzlich können auch mehrere, untereinander synchronisierte übergeordnete Knoten ("master") vorgesehen sein. Dies hat den Vorteil, dass ein untergeordneter Knoten
- 15 ("slave") unter allen angebotenen Zeitnachrichten die jeweils besten aussuchen kann. Ausserdem kann dadurch Redundanz erreicht werden.

- Wie aus Fig. 1 zu erkennen ist, kann bei einem mehrstufigen
- 20 Netzwerk dem Knoten N3, der in der bisherigen Beschreibung als untergeordneter Knoten ("slave") beschrieben ist, auch die Funktion eines übergeordneten Knotens ("master") zukommen, nämlich wie in Fig. 1 ebenfalls zu erkennen ist, in Bezug auf die Knoten N4-N6, die über das (Teil-)Netzwerk
- 25 NW2 mit dem Knoten N3 verbunden sind. Gleiches gilt für den Knoten N6, der einerseits ein untergeordneter Knoten sein kann in Bezug auf den Knoten N3, andererseits einen übergeordneten Knoten ("master") in Bezug auf den Knoten N7 darstellt, der über das zwischen den Knoten N6 und N7
- 30 liegende Teil-Netzwerk NW3 mit dem Knoten N6 verbunden ist.

Die Synchronisation eines als untergeordneter Knoten fungierenden Knotens, hier z.B. von einem der Knoten N4-N6, kann jeweils in Bezug auf dessen übergeordneten Knoten

- 19 -

erfolgen, hier z.B. in Bezug auf den Knoten N3, über das dazwischen liegende Teil-Netzwerk NW2. Von einer allfälligen Synchronisation des übergeordneten Knotens - hier des Knotens N3, in Bezug auf dessen übergeordneten Knoten - hier N1, kann diese Synchronisation (der Knoten N4-N6) entkoppelt
5 sein. Diese Art der Synchronisation soll im folgenden etwas näher erläutert werden.

Würde man die im Knoten N3 aus den vom Knoten N1 empfangenen
10 Zeitnachrichten abgeleitete lokale Zeit am Knoten N3 (die ja - wie vorstehend beschrieben - durchaus gelegentlich aktualisiert wird) direkt als Referenz für eine Synchronisation der Knoten N4-N6 nach dem vorstehend beschriebenen Verfahren nutzen, so würde beispielsweise der
15 Knoten N4 (im folgenden wird nur noch der Knoten N4 betrachtet, sinngemäss gelten die Betrachtungen auch für die Knoten N5, N6) nicht unterscheiden können, ob der Unterschied zwischen seiner lokalen Zeit (also der lokalen Zeit am Knoten N4) und der Vergleichszeit (die dann ja aus der
20 lokalen Zeit am Knoten N3 direkt ermittelt würde) auf Nachrichtenlaufzeiten zurückzuführen ist - insbesondere auf Laufzeiten zwischen dem Knoten N3 und dem Knoten N4, oder auf eine Fehlsynchronisation der lokalen Uhr am Knoten N4, oder auf Aktualisierungen der lokalen Zeit am Knoten N3.
25 Gerade eine Aktualisierung der lokalen Zeit am Knoten N3 kann dabei eine zusätzliche Unsicherheit zur Folge haben. Dadurch kann der Gesamtfehler der Synchronisation des Knotens N4 gegenüber dem "Referenz"-Knoten N1 grösser sein als die Summe der in den beiden (Teil-)Netzwerken NW1 und
30 NW2 entstehenden einzelnen Fehler, würde man diese unabhängig voneinander betrachten.

Um eine Entkoppelung der Synchronisation des Knotens N4 in Bezug auf seinen übergeordneten Knoten N3 von der

Synchronisation dieses Knotens N3 in Bezug auf dessen übergeordneten Knoten N1 zu bewirken, kann beispielsweise am Knoten N3 eine unabhängige lokale Uhr vorgesehen sein. Diese unabhängige lokale Uhr des Knotens N3 kann nach dem bereits

5 weiter oben beschriebenen Verfahren zur Synchronisation des Knotens N4 genutzt werden, sodass die Synchronisation über das Teil-Netzwerk NW2 durch die Synchronisation über das Teil-Netzwerk NW1 nicht beeinflusst wird. Dabei wird die unabhängige lokale Uhr des Knotens N3 dann als diejenige

10 lokale Zeit betrachtet, zu welcher die für das Teil-Netzwerk NW2 spezifische Laufzeit d_{\min} (siehe weiter oben) hinzu addiert wird, um am Knoten N4 die Vergleichszeit zu generieren.

15 Der Knoten N4 erhält somit zunächst ein "Abbild" der unabhängigen lokalen Uhr des Knotens N3. Um darüber hinaus auch ein Abbild der "Referenzzeit" am Knoten N1 zu erhalten, enthalten die vom Knoten N3 verschickten Zeitnachrichten zusätzlich zu den Momentanwerten der unabhängigen lokalen

20 Uhr des Knotens N3 auch die momentane Differenz zwischen diesen Momentanwerten der unabhängigen lokalen Uhr am Knoten N3 und der jeweiligen (aus den Zeitnachrichten vom Knoten N1 abgeleiteten) lokalen Zeit am Knoten N3 (einschliesslich allfälliger Aktualisierungen). Aufgrund dieser

25 Informationen, nämlich einerseits der Informationen über die Momentanwerte der unabhängigen lokalen Uhr des Knotens N3 und andererseits der Informationen über die Differenz zwischen den Momentanwerten der unabhängigen lokalen Uhr am Knoten N3 und der jeweiligen (aus den Zeitnachrichten vom

30 Knoten N1 abgeleiteten) lokalen Zeit am Knoten N3 ist dann der Knoten N4 in der Lage, ein "Abbild" der "Referenzzeit" am Knoten N1 zu bestimmen.

In weiteren Synchronisationsstufen - beispielsweise vom

Knoten N6 über das Teil-Netzwerk NW3 zum Knoten N7 - kann dieses Verfahren so eingesetzt werden, dass die vom Knoten N6 verschickten Zeitnachrichten abermals die Momentanwerte einer unabhängigen lokalen Uhr am Knoten N6 und die
5 jeweilige Differenz zwischen diesen Momentanwerten der unabhängigen lokalen Uhr am Knoten N6 und dem Abbild der "Referenzzeit" des Knotens N1 enthalten.

Im folgenden wird eine vorteilhafte Variante der
10 Entkoppelung der verschiedenen Stufen der Synchronisation erläutert, welche die soeben beschriebenen zusätzlichen unabhängigen lokalen Uhren nicht benötigt. Für diese Varianten sind allerdings dann Zeitnachrichten notwendig, welche folgende drei Informationen enthalten:

15 1) wie bisher die aktuelle lokale Zeit am verschickenden Knoten zum Zeitpunkt des Verschickens der Zeitnachricht
2) zusätzlich die Summe aller Ausmasse an Aktualisierungen (also $\sum C_{upd}$) der lokalen Zeit an diesem (verschickenden) Knoten seit dem Verschicken der letzten Zeitnachricht von
20 diesem Knoten
3) die Summe aller Anpassungen der Geschwindigkeit der lokalen Uhr seit dem Verschicken der letzten Zeitnachricht von diesem (verschickenden) Knoten.

25 Da die lokale Zeit am Knoten N1 hier die absolute Referenz darstellt und an dieser Zeit keine Änderungen vorgenommen werden (weder die Zeit selbst wird aktualisiert noch die Geschwindigkeit, mit der diese Zeit voranschreitet) sind die beiden letztgenannten Komponenten 2) und 3) in den
30 Zeitnachrichten, die vom Knoten N1 an die Knoten N2 und N3 verschickt werden, immer Null.

Das weiter oben auch anhand der Fig. 2 und 3 ausführlich beschriebene Synchronisationsverfahren wird nun also wie

folgt modifiziert.

Beim Empfang einer Zeitnachricht an einem untergeordneten Knoten ("slave") werden zunächst die Korrekturen der lokalen Uhr des Absenders ("master") der Zeitnachricht direkt nachvollzogen und lokal zwischengespeichert. Das heisst, dass beispielsweise am Knoten N3 keine Korrekturen der lokalen Uhr des Absenders nachvollzogen werden müssen, weil der Absender ja der Knoten N1 ist und die Zeit am Knoten N1 und die Geschwindigkeit, mit der die Zeit am Knoten N1 voranschreitet, nicht geändert werden. Hingegen wird beispielsweise am Knoten N6 ("slave") der Momentanwert der lokalen Zeit am Knoten N6 um Σc_{upd} des verschickenden Knotens N3 ("master") - also um die Summe der Ausmasse der Aktualisierungen am Knoten N3 seit dem Verschicken der letzten Zeitnachricht vom Knoten N3 - geändert. Ausserdem wird die Geschwindigkeit, mit der die lokale Zeit am Knoten N6 ("slave") voranschreitet, um die Summe aller Korrekturen der Geschwindigkeit am verschickenden Knoten N3 ("master") seit dem Verschicken der letzten Zeitnachricht vom Knoten N3 geändert.

Auf die so resultierende lokale Zeit am Knoten N6 wird das weiter oben auch anhand der Fig. 2 und Fig. 3 erläuterte Verfahren angewandt. Als Vergleichszeit am Knoten N6 gilt dabei die in der Zeitnachricht vom Knoten N3 enthaltene lokale Zeit am Knoten N3 ("master") zuzüglich der für das Teil-Netzwerk NW2 spezifischen Mindetlaufzeit d_{min} .

Ausserdem werden die erfolgten Anpassungen sowohl der lokalen Zeit am Knoten N6 als auch der Änderung der Geschwindigkeit in den lokalen Variablen berücksichtigt. Die nächste Zeitnachricht des Knotens N6 - in seiner Funktion als übergeordneter Knoten ("master") - an den Knoten N7 über

- 23 -

das Teil-Netzwerk N3 enthält dann als Referenzzeit die entsprechende aktuelle lokale Zeit am Knoten N6 zum Zeitpunkt des Verschickens der Zeitsnachricht sowie die aktuellen Werte für die Summe aller erfolgten Ausmasse an Aktualisierungen Σc_{upd} am Knoten N6 und für die Summe aller Anpassungen der Geschwindigkeit der Zeit am Knoten N6. Nach dem Versenden einer solchen Zeitsnachricht werden diese Werte wieder auf Null zurückgesetzt, weil sie ja von dem empfangenden Knoten - hier N7 - dann bereits durch den oben beschriebenen Vorgang des Nachvollziehens bereits berücksichtigt worden sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Synchronisation in Netzwerken, bei welchem Verfahren an verschiedenen Knoten im Netzwerk die an dem jeweiligen Knoten gültige lokale Zeit (t_{loc}) aktualisiert wird, wobei von einem als übergeordneter Knoten ($N1;N3;N6$) fungierenden Knoten regelmässig Zeitnachrichten an einen als untergeordneter Knoten fungierenden Knoten ($N2,N3;N4-N6;N7$) gesendet werden, der die von dem übergeordneten Knoten ($N1;N3;N6$) ausgesandten Zeitnachrichten ($M1-M8$) empfängt und diese Zeitnachrichten ($M1-M8$) für die Aktualisierung seiner lokalen Zeit (t_{loc}) auswertet, wobei eine Mindestlaufzeit (d_{min}) für eine Zeitnachricht ($M1-M8$) zwischen einem übergeordneten Knoten ($N1;N3;N6$) und einem untergeordneten Knoten ($N2,N3;N4-N6;N7$) festgelegt wird, wobei ferner der untergeordnete Knoten ($N2,N3;N4-N6;N7$) beim Empfang einer Zeitnachricht ($M1-M8$) die in der vom übergeordneten Knoten ($N1;N3;N6$) gesendeten Zeitnachricht ($M1-M8$) enthaltene lokale Zeit des übergeordneten Knotens ($N1;N3;N6$) ausliest und zu dieser lokalen Zeit des übergeordneten Knotens ($N1;N3;N6$) die festgelegte Mindestlaufzeit (d_{min}) hinzu addiert und somit eine Vergleichszeit ($t_{comp,1}-t_{comp,8}$) generiert, und wobei die auf diese Weise generierte Vergleichszeit ($t_{comp,1}-t_{comp,8}$) dann mit der eigenen lokalen Zeit (t_{loc}) verglichen wird und in demjenigen Falle, in welchem die Vergleichszeit ($t_{comp,1}, t_{comp,2}, t_{comp,4}, t_{comp,6}, t_{comp,8}$) älter ist als die eigene lokale Zeit (t_{loc}) keine Aktualisierung der eigenen lokalen Zeit (t_{loc}) erfolgt, hingegen in demjenigen Falle, in welchem die Vergleichszeit ($t_{comp,5}$) jünger ist als die eigene lokale Zeit (t_{loc}), eine Aktualisierung (c_{upd}) der eigenen lokalen Zeit (t_{loc}) erfolgt, und bei welchem Verfahren der jeweils als übergeordneter Knoten fungierende Knoten ($N1;N3;N6$) frei wählbar ist und

- 25 -

nur ein als übergeordneter Knoten fungierender Knoten
(N1;N3;N6) Zeitnachrichten (M1-M8) verschickt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem die
5 Aktualisierung (C_{upd}) der eigenen lokalen Zeit (t_{loc}) derart
erfolgt, dass die eigene lokale Zeit (t_{loc}) auf die
Vergleichszeit ($t_{\text{comp},3}$, $t_{\text{comp},5}$, $t_{\text{comp},7}$) eingestellt wird.

3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
10 bei welchem die Mindestlaufzeit (d_{min}) einer Zeitnachricht
(M1-M8) zwischen dem übergeordneten Knoten (N1;N3;N6) und
dem untergeordneten Knoten (N2,N3;N4-N6;N7) entweder
vorgegeben wird oder durch eine Laufzeitmessung am Beginn
des Verfahrens oder durch eine Laufzeitmessung während des
15 Verfahrens ermittelt wird.

4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
bei welchem an jedem Knoten eine eigene lokale Uhr
vorgesehen ist, wobei die Geschwindigkeit der lokalen Uhr am
20 untergeordneten Knoten (N2,N3;N4-N6;N7) langsamer ist als
die Geschwindigkeit der lokalen Uhr am übergeordneten Knoten
(N1;N3;N6).

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei welchem die
25 Geschwindigkeit der lokalen Uhr am untergeordneten Knoten
einstellbar ist und bei welchem nach einer erfolgten
Aktualisierung (C_{upd}) der lokalen Zeit (t_{loc}) an einem
untergeordneten Knoten (N2,N3;N4-N6;N7) die Geschwindigkeit
der lokalen Uhr an diesem untergeordneten Knoten (N2,N3;N4-
30 N6;N7) eingestellt wird, und zwar in Abhängigkeit von der
Geschwindigkeit der lokalen Uhr vor dem Zeitpunkt (t_{upd}) der
Aktualisierung der lokalen Zeit (t_{loc}), in Abhängigkeit von
dem Ausmass (C_{upd}) der Aktualisierung der lokalen Zeit (t_{loc}),
und schliesslich optional in Abhängigkeit von dem

Zeitintervall (Δt_{upd}), welches zwischen zwei Aktualisierungen der lokalen Zeit (t_{loc}) verstrichen ist.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem Verfahren am untergeordneten Knoten ($N2, N3; N4-N6; N7$) ein vorgebbares Zeitintervall (t_{act}) überwacht wird, welches von dem Zeitpunkt (t_{upd}) an beginnt, zu welchem die letzte Aktualisierung (c_{upd}) der lokalen Zeit (t_{loc}) des untergeordneten Knotens ($N2, N3; N4-N6; N7$) erfolgt ist, und dass für den Fall, dass dieses Zeitintervall (t_{act}) überschritten ist, ohne dass eine Aktualisierung (c_{upd}) der lokalen Zeit (t_{loc}) am untergeordneten Knoten ($N2, N3; N4-N6; N7$) erfolgt, eine virtuelle lokale Zeit (t_{virt}) am untergeordneten Knoten ($N2, N3; N4-N6; N7$) erzeugt wird, welche der tatsächlichen lokalen Zeit (t_{loc}) am untergeordneten Knoten ($N2, N3; N4-N6; N7$) hinterher eilt, und dass dann, wenn die Vergleichszeit ($t_{\text{comp},3}, t_{\text{comp},5}, t_{\text{comp},7}$) jünger ist als die erzeugte virtuelle lokale Zeit (t_{virt}) am untergeordneten Knoten ($N2, N3; N4-N6; N7$), eine Aktualisierung (c_{upd}) der lokalen Zeit (t_{loc}) erfolgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei welchem das Netzwerk mehrstufig ausgebildet ist, also mehrere Teil-Netzwerke ($NW1, NW2, NW3$) umfasst, über die die einzelnen Knoten ($N1-N7$) miteinander verbunden sind, wobei einzelne Knoten ($N1$) nur als übergeordnete Knoten fungieren können, andere Knoten ($N2; N4, N5; N7$) nur als untergeordnete Knoten fungieren können, und wieder andere Knoten ($N3; N6$) sowohl als übergeordnete Knoten als auch als untergeordnete Knoten fungieren können, und wobei die Synchronisation eines als untergeordneter Knoten ($N2, N3; N4, N5, N6; N7$) fungierenden Knotens jeweils in Bezug auf seinen übergeordneten Knoten ($N1; N3; N6$) über das dazwischen liegende Teil-Netzwerk ($NW1; NW2; NW3$) erfolgt, jedoch von einer allfälligen

Synchronisation des übergeordneten Knotens (N3;N6) in Bezug auf dessen übergeordneten Knoten (N1;N3) entkoppelt ist.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei welchem an einem Knoten
5 (N3), der sowohl als übergeordneter Knoten wie auch als untergeordneter Knoten fungiert, eine unabhängige lokale Uhr vorgesehen ist, und bei welchem Verfahren beim Verschicken einer Zeitnachricht dieses Knotens (N3) an einen untergeordneten Knoten (N4) sowohl der Momentanwert dieser
10 unabhängigen lokalen Uhr als auch die Differenz zwischen dem Momentanwert dieser unabhängigen lokalen Uhr und der von seinem übergeordneten Knoten (N1) abgeleiteten lokalen Zeit (t_{loc}) verschickt wird, wobei am untergeordneten Knoten (N4) beim Empfang einer solchen Zeitnachricht einerseits aus dem
15 in der Zeitnachricht enthaltenen Momentanwert der unabhängigen lokalen Uhr die Vergleichszeit (t_{comp}) und andererseits aus der Differenz zwischen dem Momentanwert dieser unabhängigen lokalen Uhr und der von seinem übergeordneten Knoten (N1) abgeleiteten lokalen Zeit (t_{loc})
20 ein Abbild der Referenzzeit des übergeordneten Knotens (N1) generiert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, bei welchem Verfahren beim Verschicken einer Zeitnachricht von einem übergeordneten
25 Knoten (N1;N3) an einen untergeordneten Knoten (N3;N6) sowohl die Summe aller Ausmasse (c_{upd}) an Aktualisierungen seit dem Verschicken der letzten Zeitnachricht verschickt wird als auch die Summe aller seit dem Verschicken der letzten Zeitnachricht erfolgten Korrekturen der
30 Geschwindigkeit, mit der die Zeit voranschreitet, und bei welchem Verfahren beim Empfang einer Zeitnachricht von einem übergeordneten Knoten (N1;N3) am untergeordneten Knoten zunächst die lokale Zeit des untergeordneten Knotens (N3;N6) um die in der Zeitnachricht enthaltene Summe aller Ausmasse

(C_{upd}) an Aktualisierungen geändert wird und ausserdem die Geschwindigkeit, mit der die Zeit des untergeordneten Knotens ($N3;N6$) voranschreitet, um die in der Zeitnachricht enthaltene Summe aller Geschwindigkeitskorrekturen geändert
5 wird, bevor am untergeordneten Knoten ($N3;N6$) die Vergleichszeit (t_{comp}) generiert wird.

1/2

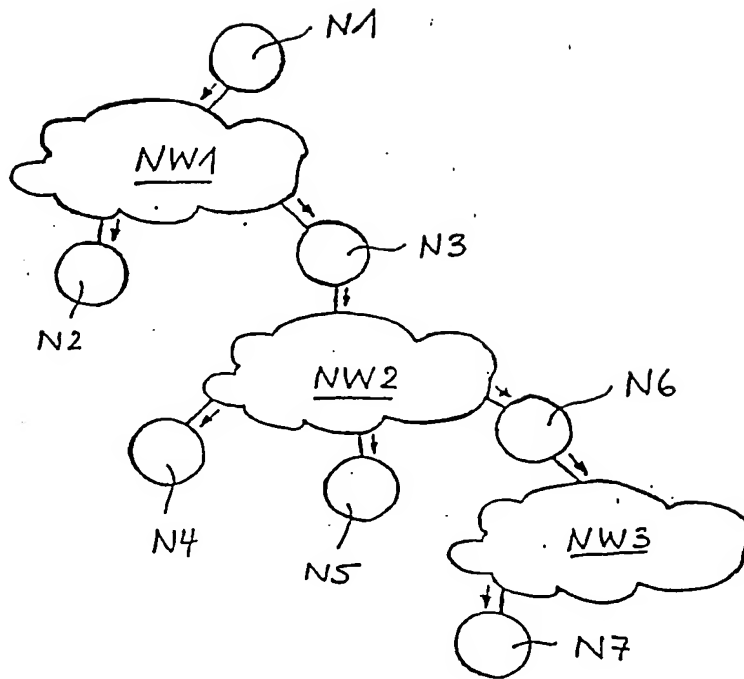


Fig. 1

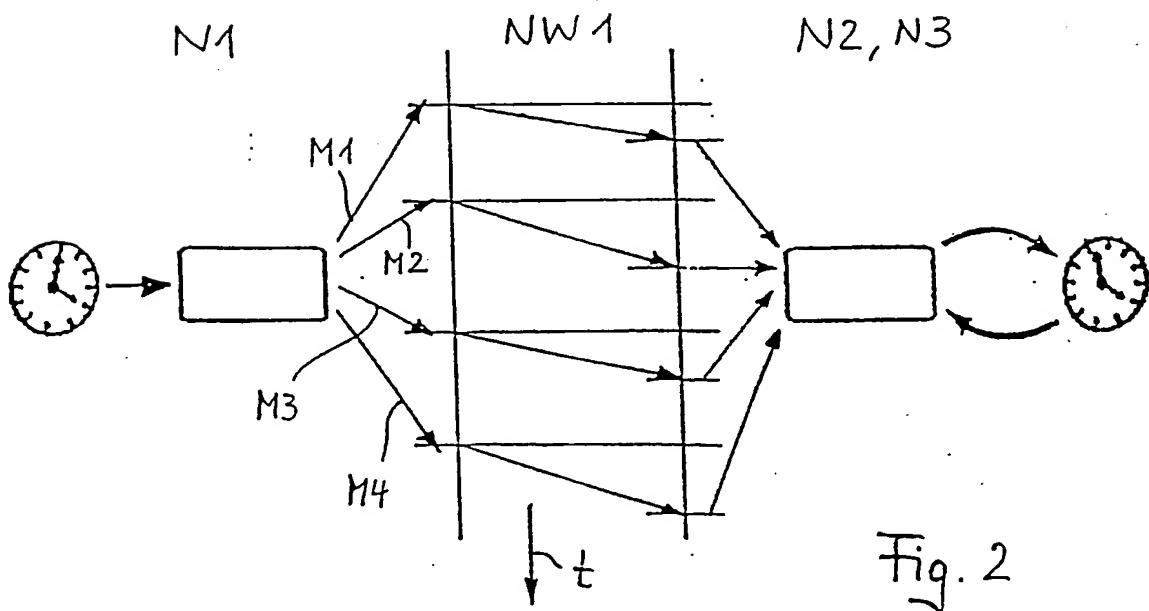


Fig. 2

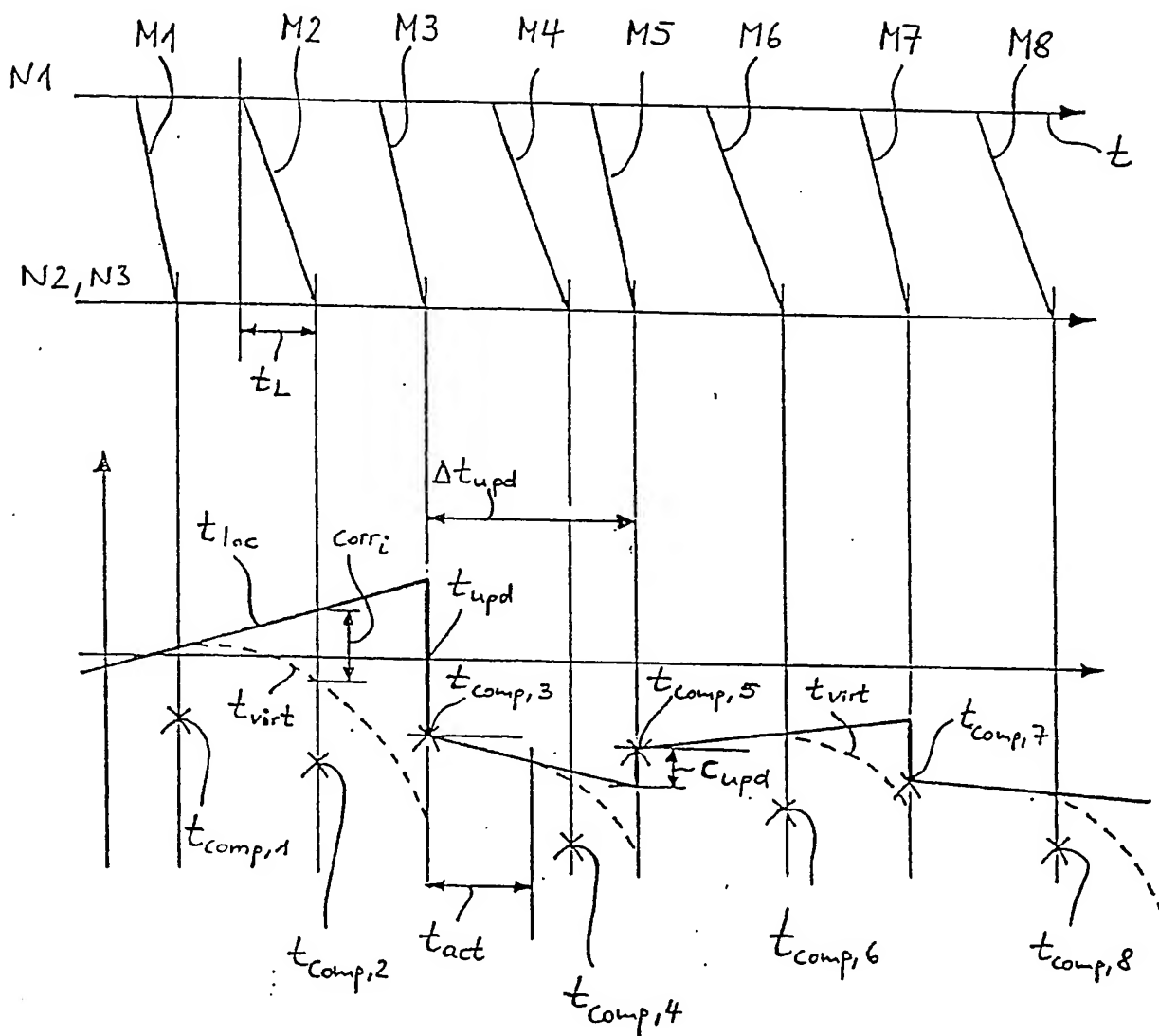


Fig. 3

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
5. Juni 2003 (05.06.2003)

PCT

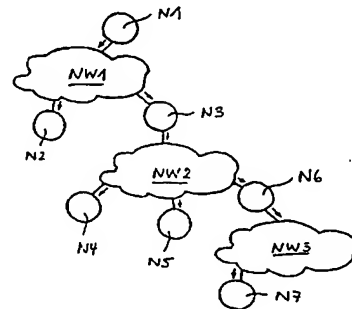
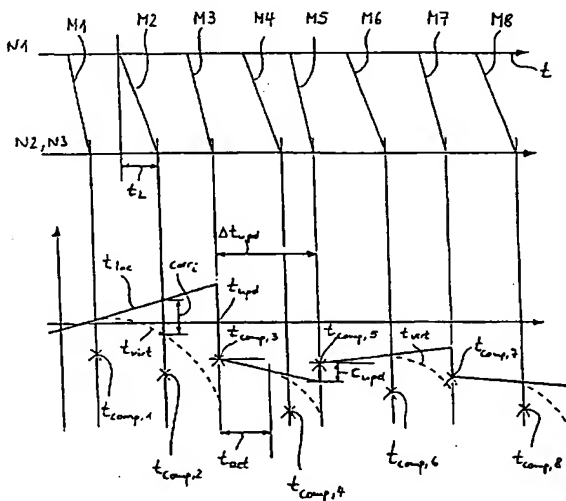
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/047134 A3

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H04J 3/06, G06F 1/14
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH02/00580
- (22) Internationales Anmeldedatum:
25. Oktober 2002 (25.10.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
2188/01 28. November 2001 (28.11.2001) CH
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): BRIDGECO AG [CH/CH]; Ringstrasse 14, CH-8600 Dübendorf (CH).
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BLUM, Philipp [CH/CH]; Kalkbreitestrasse 83, CH-8003 Zürich (CH).
DICKMANN, Georg [DE/CH]; Wallisellenstrasse 25, CH-8600 Dübendorf (CH).
- (74) Anwalt: A. BRAUN BRAUN HERITIER ESCHMANN AG; Holbeinstrasse 36-38, CH-4051 Basel (CH).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT (Gebrauchsmuster), AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ (Gebrauchsmuster), CZ, DE (Gebrauchsmuster), DE, DK (Gebrauchsmuster), DK, DM, DZ, EC, EE (Gebrauchsmuster), EE, ES, FI (Gebrauchsmuster), FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR SYNCHRONIZATION IN NETWORKS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR SYNCHRONISATION IN NETZWERKEN



(57) Abstract: The invention relates to a method for synchronization in networks, whereby the local time (t_{loc}), which is valid at the particular node, is updated at different nodes. For that purpose, timing messages are regularly transmitted by a freely selectable superior node (N1; N3; N6) and only by a superior node to an inferior node (N2, N3; N4-N6; N7), which receives the timing messages (M1-M8) and analyses said messages for updating the local time (t_{loc}) thereof. A minimum propagation time (d_{min}) is determined for a timing message (M1-M8) between an inferior node (N1; N3; N6) and a superior node (N2, N3; N4-N6; N7). When the inferior node (N2, N3; N4-N6; N7) receives a timing message (M1-M8), said inferior node extracts the local time of the superior node (N1; N3), which is contained in said timing message (M1-M8) and adds the minimum propagation time (d_{min}) thereto, in order to generate a reference time ($t_{comp,1}$ - $t_{comp,8}$). Said reference time ($t_{comp,1}$ - $t_{comp,8}$) is then compared with the proper local time (t_{loc}). If the reference time is retarded in relation to the proper local time (t_{loc}), said proper local time (t_{loc}) is not updated. If said reference time is advanced in relation to the proper local time (t_{loc}),

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 03/047134 A3



LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK (Gebrauchsmuster), SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht*
- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen

Recherchenberichts:

6. November 2003

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

said proper local time (t_{loc}) is updated (C_{upd}).

(57) **Zusammenfassung:** Bei einem Verfahren zur Synchronisation in Netzwerken wird an verschiedenen Knoten im Netzwerk die an dem jeweiligen Knoten gültige lokale Zeit (t_{loc}) aktualisiert. Dazu werden von einem - frei wählbaren - übergeordneten Knoten ($N1;N3;N6$) - und nur von einem übergeordneten Knoten - regelmässig Zeitnachrichten an einem untergeordneten Knoten ($N2;N3;N4-N6;N7$) gesendet, der die Zeitnachrichten ($M1-M8$) empfängt und für die Aktualisierung seiner lokalen Zeit (t_{loc}) auswertet. Eine Mindestlaufzeit (d_{min}) wird für eine Zeitnachricht ($M1-M8$) zwischen einem übergeordneten Knoten ($N1;N3;N6$) und einem untergeordneten Knoten ($N2;N3;N4-N6;N7$) festgelegt. Der untergeordnete Knoten ($N2;N3;N4-N6;N7$) liest beim Empfang einer Zeitnachricht ($M1-M8$) die in der Zeitnachricht ($M1-M8$) enthaltene lokale Zeit des übergeordneten Knotens ($N1;N3$) aus und addiert die Mindestlaufzeit (d_{min}) hinzu und generiert somit eine Vergleichszeit ($t_{comp,1}-t_{comp,8}$). Die Vergleichszeit ($t_{comp,1}-t_{comp,8}$) wird dann mit der eigenen lokalen Zeit (t_{loc}) verglichen. In demjenigen Falle, in welchem die Vergleichszeit älter ist als die eigene lokale Zeit (t_{loc}) erfolgt keine Aktualisierung der eigenen lokalen Zeit (t_{loc}). In demjenigen Falle, in welchem die Vergleichszeit jünger ist als die eigene lokale Zeit (t_{loc}), erfolgt eine Aktualisierung (C_{upd}) der eigenen lokalen Zeit (t_{loc}).

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/CH 02/00580

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04J3/06 G06F1/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04J G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	LAMPORT L: "TIME, CLOCKS, AND THE ORDERING OF EVENTS IN A DISTRIBUTED SYSTEM" COMMUNICATIONS OF THE ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY, ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY. NEW YORK, US, vol. 21, no. 7, 1 July 1978 (1978-07-01), pages 558-565, XP000615783 ISSN: 0001-0782	1-4
Y	page 562, right-hand column, last paragraph - page 564, right-hand column, paragraph 5 page 560, right-hand column, paragraph 5 - last paragraph ----- -/--	5

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *8* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 September 2003

Date of mailing of the international search report

11/09/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5816 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pieper, T.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH 02/00580

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 923 220 A (HONMA HIROSHI) 13 July 1999 (1999-07-13) column 1, line 27 - line 35 column 6, line 42 - column 8, line 10 figures 1,2	5
X	WO 00 48367 A (NOKIA WIRELESS ROUTERS INC) 17 August 2000 (2000-08-17)	1-5
A	page 15, last paragraph - page 18, paragraph 2 figures 1,3,4	7-9
Y	EP 0 389 780 A (IBM) 3 October 1990 (1990-10-03) page 1, line 31 - line 38 page 2, line 30 - line 53 page 3, line 33 - line 42 page 4, line 12 - line 28	1-4
Y	EP 0 722 233 A (HEWLETT PACKARD CO) 17 July 1996 (1996-07-17) column 8, line 53 - column 9, line 29	1-4
A	US 5 689 688 A (STRONG HOVEY RAYMOND ET AL) 18 November 1997 (1997-11-18) column 2, line 66 - column 3, line 7 column 8, line 51 - column 9, line 2 column 9, line 18 - line 30	1-9
A	N.N.: "CLOCK DISTRIBUTION ALGORITHM FOR SYNCHRONIZATION NETWORK" IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, IBM CORP. NEW YORK, US, vol. 32, no. 8A, 1990, pages 17-20, XP000082683 ISSN: 0018-8689 page 17, paragraph 1 - page 18, paragraph 4	1,7-9
A	DE 198 15 647 A (SIEMENS AG) 7 October 1999 (1999-10-07) column 3, line 52 - column 4, line 1	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 02/00580

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5923220	A	13-07-1999	JP 3134048 B2 JP 9247135 A	13-02-2001 19-09-1997
WO 0048367	A	17-08-2000	AU 2342100 A CA 2361707 A1 EP 1155538 A2 JP 2002537687 T WO 0048367 A2	29-08-2000 17-08-2000 21-11-2001 05-11-2002 17-08-2000
EP 0389780	A	03-10-1990	US 5001730 A EP 0389780 A2 JP 2022683 C JP 2288526 A JP 7058956 B	19-03-1991 03-10-1990 26-02-1996 28-11-1990 21-06-1995
EP 0722233	A	17-07-1996	US 5566180 A EP 0722233 A2 JP 8221336 A	15-10-1996 17-07-1996 30-08-1996
US 5689688	A	18-11-1997	NONE	
DE 19815647	A	07-10-1999	DE 19815647 A1 WO 9950722 A1 DE 59905564 D1 EP 1064589 A1 JP 2002510081 T	07-10-1999 07-10-1999 18-06-2003 03-01-2001 02-04-2002

A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 H04J3/06 G06F1/14

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 IPK 7 H04J G06F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	LAMPORT L: "TIME, CLOCKS, AND THE ORDERING OF EVENTS IN A DISTRIBUTED SYSTEM" COMMUNICATIONS OF THE ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY, ASSOCIATION FOR COMPUTING MACHINERY. NEW YORK, US, Bd. 21, Nr. 7, 1. Juli 1978 (1978-07-01), Seiten 558-565, XP000615783 ISSN: 0001-0782	1-4
Y	Seite 562, rechte Spalte, letzter Absatz - Seite 564, rechte Spalte, Absatz 5 Seite 560, rechte Spalte, Absatz 5 - letzter Absatz ----- -/--	5

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. September 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

11/09/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Pieper, T.

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 5 923 220 A (HONMA HIROSHI) 13. Juli 1999 (1999-07-13) Spalte 1, Zeile 27 - Zeile 35 Spalte 6, Zeile 42 - Spalte 8, Zeile 10 Abbildungen 1,2 -----	5
X	WO 00 48367 A (NOKIA WIRELESS ROUTERS INC) 17. August 2000 (2000-08-17)	1-5
A	Seite 15, letzter Absatz - Seite 18, Absatz 2 Abbildungen 1,3,4 -----	7-9
Y	EP 0 389 780 A (IBM) 3. Oktober 1990 (1990-10-03) Seite 1, Zeile 31 - Zeile 38 Seite 2, Zeile 30 - Zeile 53 Seite 3, Zeile 33 - Zeile 42 Seite 4, Zeile 12 - Zeile 28 -----	1-4
Y	EP 0 722 233 A (HEWLETT PACKARD CO) 17. Juli 1996 (1996-07-17) Spalte 8, Zeile 53 - Spalte 9, Zeile 29 -----	1-4
A	US 5 689 688 A (STRONG HOVEY RAYMOND ET AL) 18. November 1997 (1997-11-18) Spalte 2, Zeile 66 - Spalte 3, Zeile 7 Spalte 8, Zeile 51 - Spalte 9, Zeile 2 Spalte 9, Zeile 18 - Zeile 30 -----	1-9
A	N.N.: "CLOCK DISTRIBUTION ALGORITHM FOR SYNCHRONIZATION NETWORK" IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN, IBM CORP. NEW YORK, US, Bd. 32, Nr. 8A, 1990, Seiten 17-20, XP000082683 ISSN: 0018-8689 Seite 17, Absatz 1 - Seite 18, Absatz 4 -----	1,7-9
A	DE 198 15 647 A (SIEMENS AG) 7. Oktober 1999 (1999-10-07) Spalte 3, Zeile 52 - Spalte 4, Zeile 1 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 02/00580

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5923220	A	13-07-1999	JP 3134048 B2	13-02-2001
			JP 9247135 A	19-09-1997
WO 0048367	A	17-08-2000	AU 2342100 A	29-08-2000
			CA 2361707 A1	17-08-2000
			EP 1155538 A2	21-11-2001
			JP 2002537687 T	05-11-2002
			WO 0048367 A2	17-08-2000
EP 0389780	A	03-10-1990	US 5001730 A	19-03-1991
			EP 0389780 A2	03-10-1990
			JP 2022683 C	26-02-1996
			JP 2288526 A	28-11-1990
			JP 7058956 B	21-06-1995
EP 0722233	A	17-07-1996	US 5566180 A	15-10-1996
			EP 0722233 A2	17-07-1996
			JP 8221336 A	30-08-1996
US 5689688	A	18-11-1997	KEINE	
DE 19815647	A	07-10-1999	DE 19815647 A1	07-10-1999
			WO 9950722 A1	07-10-1999
			DE 59905564 D1	18-06-2003
			EP 1064589 A1	03-01-2001
			JP 2002510081 T	02-04-2002